



A RELAÇÃO INTRÍNSECA ENTRE A GEOMORFOLOGIA E OS DEPÓSITOS MINERAIS


THE INTRINSIC RELATIONSHIP BETWEEN GEOMORPHOLOGY AND MINERAL DEPOSITS

LA RELACIÓN INTRÍNSECA ENTRE LA GEOMORFOLOGÍA Y LOS DEPÓSITOS MINERALES

Marcos Cesar Luna da Silva¹

¹Mestre em Geografia (UFES). Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo – PPGG/UFES

E-mail: macelusi@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-4474-5584>

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo principal, o estudo da relação intrínseca entre a geomorfologia e os depósitos minerais em Sete Pedras, Goiabeira-MG, sudeste do Brasil. A metodologia foi baseada na análise e elaboração de mapas geológicos e geomorfológicos, utilizando ferramentas de edição do *software* ArcGIS 10.3.1TM, a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e as bases cartográficas foram configuradas no sistema de projeção *UTM* e *DATUM* SIRGAS 2000, zona 24S, posteriormente analisados e comparados com a literatura existente. Os resultados apresentaram a distribuição do relevo, influenciando na regulação do material fornecido pelas vertentes (mapa de fluxo de detritos) demonstrando a relação entre a geomorfologia e os depósitos minerais (mapa geomorfológico).

Palavras-chave: Minerais. Processos. Relevo.

ABSTRACT

The main objective of this research was to study the intrinsic relationship between geomorphology and mineral deposits in Sete Pedras, Goiabeira-MG, southeastern Brazil. The methodology was based on the analysis and preparation of geological and geomorphological maps using editing tools in ArcGIS 10.3.1TM software, based on the Geographic Information System (GIS). The cartographic bases were configured in the UTM projection system and DATUM SIRGAS 2000, zone 24S, subsequently analyzed and compared with existing literature. The results showed the relief distribution, influencing the regulation of material supplied by the slopes (debris flow map), demonstrating the relationship between geomorphology and mineral deposits (geomorphological map).

Keywords: Minerals. Processes. Relief.

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue estudiar la relación intrínseca entre la geomorfología y los depósitos minerales en Sete Pedras, Goiabeira, Minas Gerais, sureste de Brasil. La metodología se basó en el análisis y la creación de mapas geológicos y geomorfológicos mediante herramientas de edición en ArcGIS 10.3.1TM, un software basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Las bases cartográficas se configuraron en el sistema de proyección UTM y DATUM SIRGAS 2000, zona 24S, y posteriormente se analizaron y compararon con la literatura existente. Los resultados destacaron la distribución del relieve, que influye en la regulación del material aportado por las pendientes (mapa de flujo de detritos), demostrando así la relación entre la geomorfología y los depósitos minerales (mapa geomorfológico).

Palabras clave: Minerales. Procesos. Relieve.

INTRODUÇÃO

Os depósitos minerais são originados a partir de processos geológicos que criam condições para a acumulação de substâncias economicamente exploráveis. Esses processos se desenvolvem tanto em ambientes ígneos, quanto sedimentares e metamórficos, podendo ocorrer também por ações do intemperismo.

O sistema geomorfológico, um sistema aberto, que recebe influências e também atua sobre outros sistemas componentes do seu universo, é constituído pelas formas, os processos e



as suas relações. Essa condição de sistema aberto expressa pelo relevo, em que ocorrem constantes trocas de energia e matéria, pode influenciar na formação de uma jazida mineral e também na sua mineralização (Christofolletti, 1980).

Segundo Suguio (1998) a inclinação das vertentes tem um papel importante no transporte de materiais intemperizados que convergem para o ambiente de deposição, onde irão formar depósitos de placeres, uma concentração mecânica superficial de partículas minerais, provenientes dos detritos de intemperismo, sendo o depósito de placer fluvial o mais frequente.

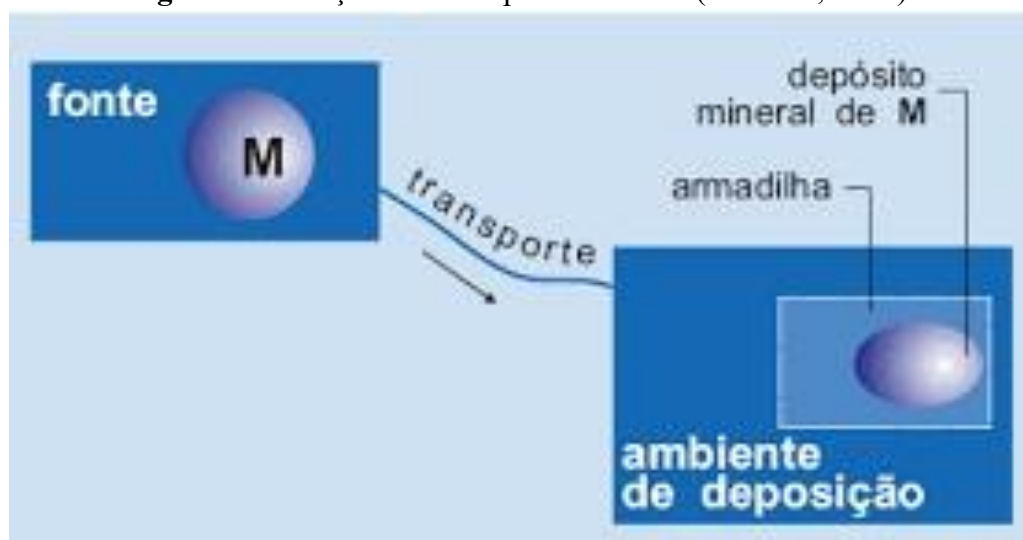
A concentração de substâncias minerais é fundamental para se determinar a formação dos depósitos minerais, caracterizados por elementos químicos predominantes na rocha-mãe e que apresentarão novos minerais transformados a partir dos minerais primários das rochas, com mais estabilidade e que se depositarão na superfície (Teixeira, 2009).

Segundo Teixeira (2009) poderão ocorrer mecanismos ou condições especiais que levarão à condução de concentração de substâncias úteis durante o desenvolvimento dos processos geológicos que formarão esses depósitos mineralizados. Os processos de mineralização serão classificados de acordo com a predominância e, conseqüentemente, o tipo de depósito gerado, podendo ser de sedimentação, intemperismo, metamorfismo, magmático, etc.

A qualidade dos minerais existentes em um depósito mineral, está relacionada ao ambiente de formação das rochas e aos processos geológicos atuantes, pois o elemento químico predominante em uma rocha vai caracterizar o tipo de depósito gerado. A mineralização só ocorrerá com a existência de uma fonte (rocha-mãe) que forneça substâncias úteis, além de um local onde possa haver uma acumulação concentrada desses minerais.

Diversos fatores como uma força-motriz (energia) e um meio que permita que haja a migração (transporte) dessas substâncias, devem atuar de forma eficiente de modo a convergir para a geração de um depósito mineral. As substâncias úteis, originadas da rocha-mãe (fonte) após o transporte se acumularão em armadilhas, existentes em ambientes de deposição, gerando depósitos minerais (Teixeira, 2009) - figura 1.

Figura 1 - Geração de um depósito mineral (Routhier, 1980).



Fonte: Teixeira (2009).

As influências externas recebidas pelo relevo, regulam processos intempéricos, que interligam e modelam a superfície terrestre ao longo do tempo geológico que afetam a formação, exposição e preservação de depósitos minerais (Hackspacher, 2011).

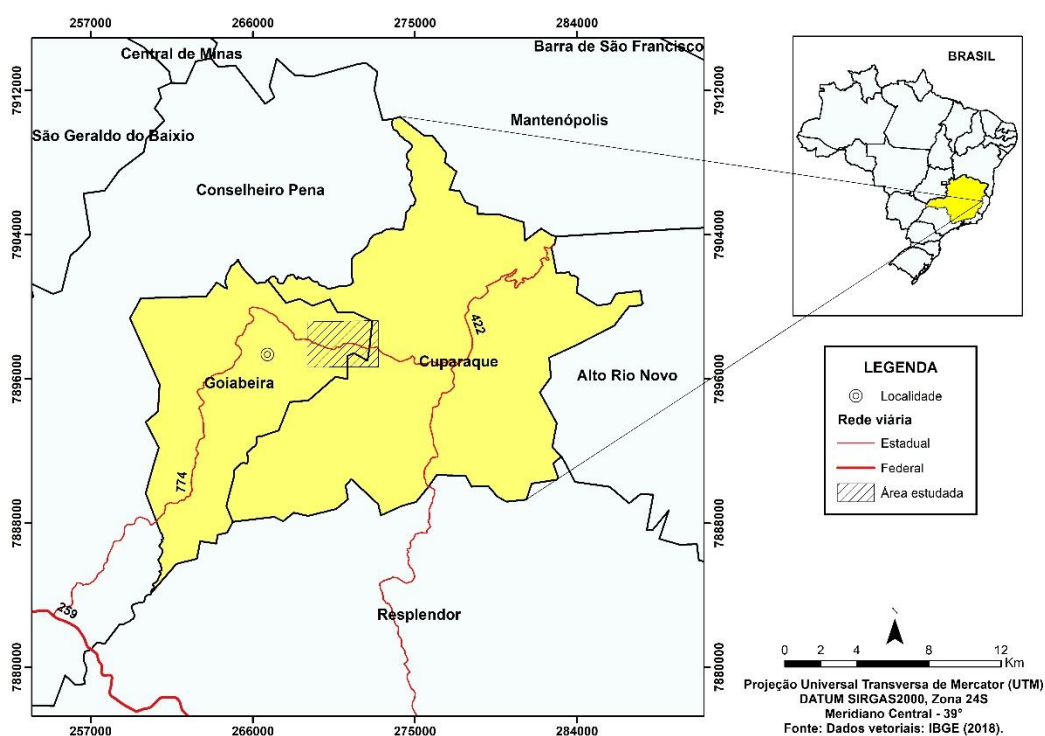
Diante do exposto, a escolha da área estudada está relacionada a: i) poucos estudos sobre a relação intrínseca entre a geomorfologia e os depósitos minerais, havendo ainda uma carência

de informações a respeito do tema para o estado de Minas Gerais; ii) a região de Sete Pedras, em Goiabeira-MG, está inserida na Faixa Araçuai que é conhecida por suas jazidas e ocorrências minerais e; iii) a geomorfologia da área estudada que apresenta relevo ondulado com formas convexas e alongadas, além de vales encaixados e planícies aluvionares.

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada compreende a região de Sete Pedras, Goiabeira-MG, leste do estado do Minas Gerais, sudeste do Brasil, coordenadas geográficas $18^{\circ}59'52.70''$ S e $41^{\circ}09'55.13''$ W, abrangendo 10,02 km². O acesso, a partir da cidade de Conselheiro Pena se dá pela BR-259, sentido Resplendor-MG e, a partir da LMG 774, sentido à Cuparaque (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da área estudada.



Fonte: Organizado pelo autor (2025).

GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

A área está situada no leste do estado de Minas Gerais, inserida no Compartimento do Embasamento Pré-cambriano, correspondente aos terrenos relacionados à faixa móvel Orógeno Araçuai, presentes na borda sudeste do Cráton do São Francisco do Ciclo Brasileiro (Heilbron et al., 2004). O Orógeno Araçuai apresenta muitos depósitos mineralizados, sendo caracterizado por um cinturão de dobramentos e conhecido por ter jazidas e gemas, associados a existência de granitos em seu núcleo cristalino.

A principal unidade geológica da área estudada é o Granito Caladão que se formou em fase tardia pós-tectônica, isto é, ao final ou pós a tectônica do referido choque de placas, período Cambriano da Era Paleozóica a cerca de 570Ma (CPRM, 2020) e apresenta matriz de granulação grossa, constituída por feldspato, quartzo e biotita, envolvendo pórfiros (cristais maiores) de feldspato potássico, com 2 a 7 cm e está afetado por zonas de cisalhamento sub-

horizontais, localizadas à leste de Itabirinha de Mantena, onde, no contato com o granito Ataleia, adquire trama milonítica.

A área estudada apresenta rochas magmáticas, como os granitos e os pegmatitos, com alto teor de quartzo e feldspato, sendo que os pegmatitos poderão surgir ricos em substâncias minerais como resultante de uma fase magmática residual e fluida, resultando em uma mineralização com cristais de grande dimensão (Figura 3).

Figura 3 – Quartzo com turmalinas negras.



Fonte: Acervo do autor (2025).

GEOMORFOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

A área está inserida no domínio morfoestrutural Cinturões Móveis Neoproterozóico (Gatto et al., 1983; Mendes et al., 1987). A Unidade geomorfológica Depressão Interplanáltica do Médio Rio Doce, apresenta uma configuração irregular, marcada por reentrâncias decorrentes de sua penetração, através dos vales dos principais rios. Essas penetrações são localmente marcadas por desníveis de até mais de 100m, trata-se de um setor deprimido onde a ação fluvial, explorando as fraquezas litológicas e adaptando-se a rede de fraturas e falhas, orientou o entalhe dos vales por erosão remontante ocasionando o recuo da frente escarpada formando anfiteatros.

O modelado compreende feições colinosas ressaltadas localmente por núcleos maciços formando pontões, cristas e linhas de cumeadas, resultantes de uma dissecação homogênea destacada por densidades de drenagem fina, média e grosseira com classes de aprofundamento baixo e médio (Mendes et al., 1987). O relevo ondulado da área estudada é caracterizado por morros pães-de-açúcar com formas convexas e alongadas, com média de cotas altimétricas entre 250 m a 300 m (Figura 4).

Os terrenos gnáissico-migmatíticos, em sua maioria alterados, são caracterizados por espessos perfis de solo sujeitos a voçoramentos e a escorregamentos, sobretudo nas áreas de declividade mais elevada (amplitude de relevo superiores a 20 metros e declividade acima de 20°).

As encostas registram declividades em torno de 5° a 11°, raramente cerca de 24° nas proximidades das elevações residuais onde os entalhes passam a ser mais fortes. Entremeando-se a estes, ocorrem modelados de dissecação diferencial, ressaltados feições onde, geralmente, a rocha aflora nos pontões, crista e hogbacks. Estes modelados caracterizam-se por entalhes mais profundos e encostas mais inclinadas (Mendes et al., 1987).

Figura 4 - Vista do relevo da área estudada.



Fonte: Acervo do autor (2025).

A área estudada apresenta predomínio de granitóides peraluminosos, pontões, colinas amplas e suaves, colinas dissecadas, morros baixos e escarpas, formando um ambiente de deposição, além de aluviões bem delineados e colúvios (Figura 5).

Figura 5 - Vista do relevo de Sete Pedras.



Fonte: Acervo do autor (2025).

A inclinação das vertentes tem um papel importante no transporte de materiais intemperizados que convergem para o ambiente de deposição, onde irão formar depósitos de placeres que é uma concentração mecânica superficial de partículas minerais provenientes dos detritos de intemperismo, sendo o depósito de placer fluvial o mais frequente (Suguio, 1998). A rede de drenagem da área estudada é caracterizada por córregos efêmeros e intermitentes e o seu estudo possui relevância na geomorfologia local.

A presença de rampas de colúvio, demonstra que os minerais sofreram um processo lento de transporte (solifluxão) vindo a se depositar nos sopés dos morros e encostas (Figura 6). Essas rampas de colúvio quando continuamente mecanizados por maquinários pesados, compactam-se excessivamente o que acarreta impermeabilização e aumento do processo de erosão hídrica na base da vertente.

Figura 6 - Formação de colúvio em Sete Pedras.



Fonte: Acervo do autor (2025).

Em Sete Pedras, o solo, em decorrência do gradiente das encostas é pouco desenvolvido, predominando perfis de solo como horizonte “A” sobre “C” e de “A”, “B”, “C” poucos desenvolvidos. O horizonte “A” apresenta a existência de material detrítico transportado, no horizonte “B”, o solo é mais argiloso e no horizonte “C”, onde a alterita da rocha é predominante, há indícios de pegmatito alterado, indicando possíveis ocorrências minerais. As alterações do solo são muito susceptíveis à erosão, originando solos argilo-siltico-arenoso que liberam poucos nutrientes e solo com menor teor de argila aumenta a ocorrência de erosões como sulcos e ravinas (Figura 7).

Figura 7 – Ocorrências de erosão.



Fonte: Acervo do autor (2025).

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em 2 (duas) etapas fundamentais: i) análises de gabinete e ii) análises de campo. Nas análises de gabinete, os mapas geológicos e geomorfológicos foram organizados/elaborados, a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e as bases

cartográficas configuradas no sistema de projeção *UTM* e *DATUM* SIRGAS 2000, zona 24S, utilizando ferramentas de edição do *software* ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012) sobre modelo digital de elevação (MDE) com resolução espacial de 30m (Topodata) - (Valeriano, 2002), obtido no site: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Posteriormente analisados em campo e com a literatura existente.

O mapa de fluxo de detritos foi elaborado a partir do MDE, com a criação de Planos de Informações Geográficas (*Shapefile*) do tipo linha e poligonal, referentes ao fluxo de materiais detríticos e ao material de superfície (aluviação).

Para a elaboração do mapa geomorfológico, obteve-se as informações altimétricas da área estudada, a partir do MDE. Após essa etapa, utilizando as ferramentas de edição do ArcGIS, manualmente foram traçados Planos de Informações Geográficas (*Shapefile*) representando as feições lineares, processos morfodinâmicos, uso e cobertura da terra, materiais de superfície e a drenagem.

Os pontos de campo foram registrados com GPS, câmera fotográfica digital, anotações e desenhos em caderneta de campo. O registro das características geológicas e geomorfológicas foi realizado por meio de análises *in situ* dos litotipos, estruturas geológicas e feições geomorfológicas presentes, além de uma comparação com os mapeamentos geológicos e geomorfológicos pré-existent (Mendes et al., 1987; CPRM, 2018). Os litotipos foram identificados através de análise macroscópica, com auxílio de martelo geológico e lupa (10mm x 20mm). A partir da classificação das morfologias, foram interpretados topos, vertentes e vales presentes na área.

RESULTADOS

A área estudada, apresenta morros pães-de-açúcar, com inclinação das vertentes que facilitam o transporte de substâncias enriquecidas de minerais, oriundas de rochas e alterita de rochas. Esses materiais detríticos vão se acumulando ao longo da planície aluvionar, formando os depósitos minerais. As condições geológicas e geomorfológicas da região de Sete Pedras, favorecem a atividade mineraria de placeres, sendo possível a identificação de depósitos com potenciais minerais (Figura 8).

Figura 8 – Amostra de minerais encontrados em Sete Pedras.

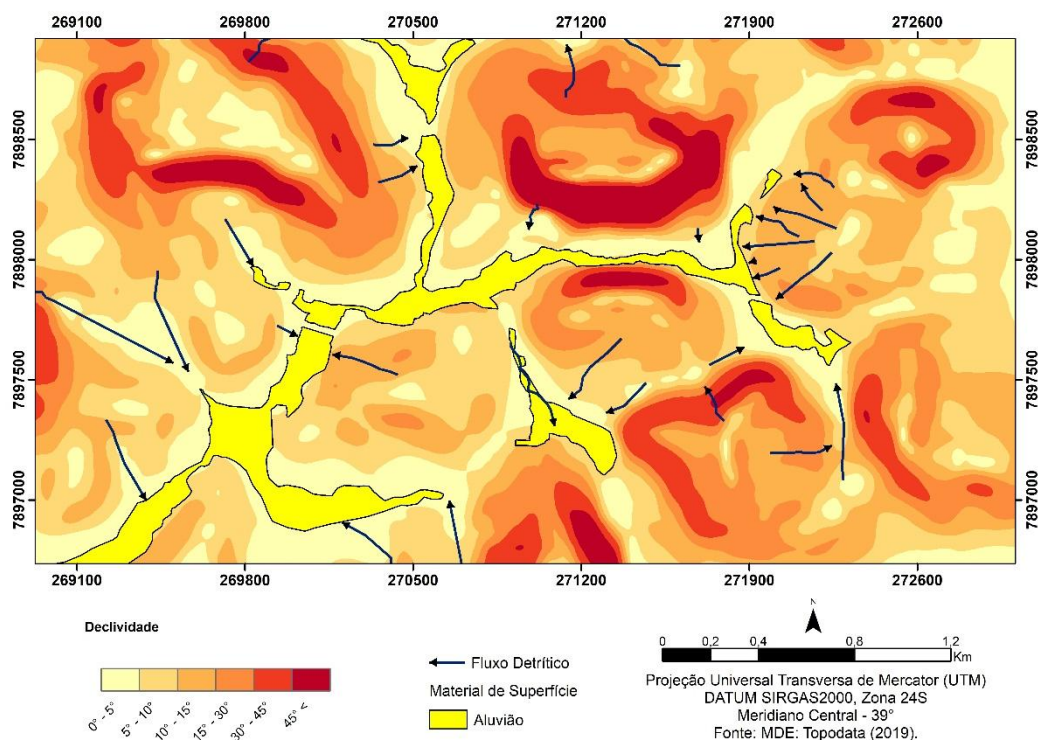


Fonte: Acervo do autor (2025).

O mapa de fluxo de detritos (Figura 9) demonstra o transporte de materiais detríticos que se acumulam nas planícies aluvionares, criando condições para a formação dos depósitos

minerais. Os materiais detríticos, a partir das rochas-mãe (fonte), seguem por caminhos associados, principalmente, aos locais de concentração de fluxo condicionados pela geometria do conjunto de vertentes.

Figura 9 - Mapa de fluxo de detritos.



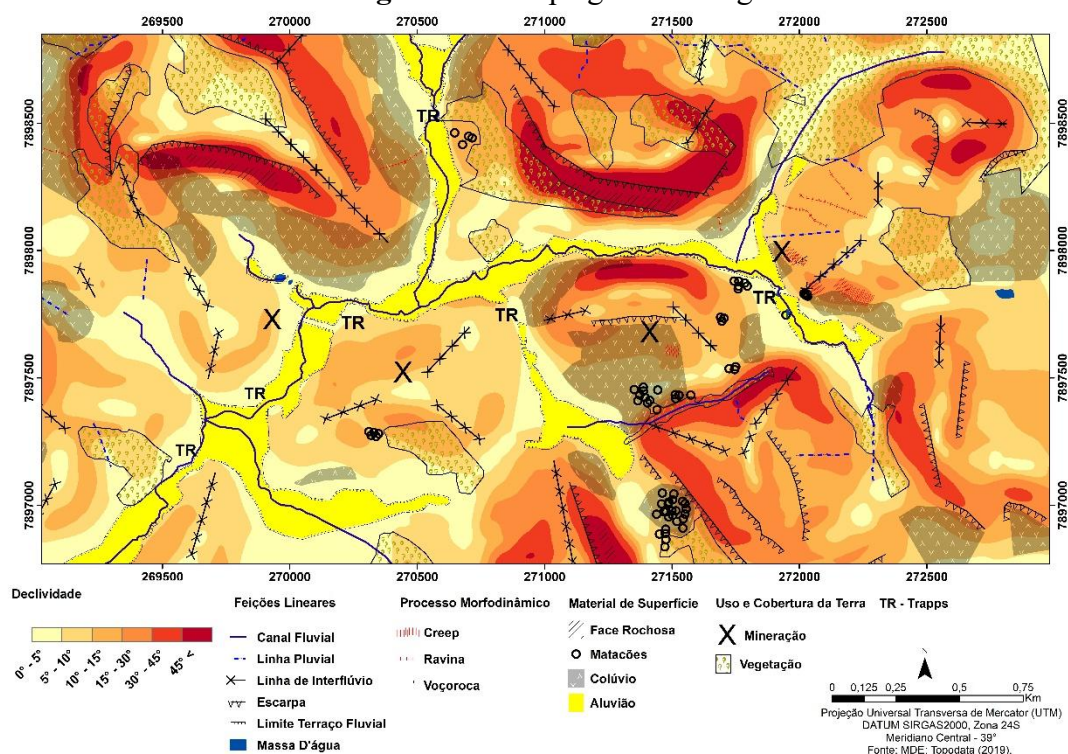
Fonte: Organizado pelo autor (2025).

Foram localizados quatro pontos com indícios de ocorrências de minerais, sendo dois no terço inferior e dois no terço médio de morros, na área estudada. A análise do mapa geomorfológico traz a relação entre os dados apresentados, demonstrando que os processos geomorfológicos estão associados as áreas de ocorrências minerais.

O mapa geomorfológico (Figura 10) apresenta a relação entre os processos geomorfológicos e a erosão das vertentes, na área estudada, que apresenta baixa declividade, favorecendo o transporte de materiais detríticos das fontes (rocha-mãe) para as planícies aluvionares que também recebem materiais detríticos, resultantes da denudação das escarpas e que vão se acumulando, formando rampas de colúvios que com o passar do tempo são transportadas para zonas de depósitos.

As ravinas e voçorocas demonstram a alteração na cobertura vegetal, deixando o solo exposto a ação intempérica. Os interflúvios como grandes divisores de água, colaboram também na distribuição dos aluviões, sendo identificadas linhas de drenagem estreitadas pelas estruturas marginais e áreas de súbito barramentos transversais a essas linhas, condicionando o surgimento de uma planície de remanso formada pelo depósito aluvionar acumulado (Trapp).

Figura 10 - Mapa geomorfológico.



Fonte: Organizado pelo autor (2025).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na presente pesquisa, demonstraram que a área estudada, apresenta uma relação entre a geomorfologia e os depósitos minerais, essa relação também favorece a geração de depósitos do tipo placer. A inclinação das vertentes dos morros pães-de-açúcar, contribui no transporte de materiais detríticos enriquecidos provenientes das rochas-mãe, que se acumulam nas planícies aluvionares, formando os depósitos minerais secundários.

A análise dos mapas de fluxo de detritos e geomorfológico, permitiu identificar pontos de possíveis ocorrências minerais e também de concentrações de depósitos minerais e do tipo placer, reforçando a importância da análise geomorfológica em estudos dessa natureza.

A erosão das vertentes, a dinâmica dos interflúvios e a presença de ravinas e voçorocas estão diretamente relacionadas à alteração da cobertura vegetal e à exposição do solo à ação intempérica, favorecendo o transporte e a deposição de sedimentos nas planícies aluvionares. A interação entre as formas do relevo, cobertura vegetal e os processos erosivos, demonstra uma condição possível de localização desses depósitos na área estudada.

O uso de geotecnologias e de métodos cartográficos, através de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o uso do ArcGis, demonstrou a importância dessas ferramentas nas análises geomorfológicas da presente pesquisa.

Esses resultados oferecem subsídios a futuras investigações e planejamento da atividade minerária responsável e sustentável para a área estudada.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed. São Paulo. Editora Blucher. 1980.

CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**. Escala 1:1.000.000. 2020.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapas de Geodiversidade Estaduais**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

DA SILVA, J. M. R. et al. Levantamento de recursos naturais, volume 34: folha SE.24 Rio Doce. In: **PROJETO RADAMBRASIL, 1987**, Rio de Janeiro (Bol. Técnico. Série Geologia, 1).

ESRI INC. **ArcMap (versão 10.3.1)**. Redlands, Estados Unidos, 2012.

GATTO, L.C.S.; RAMOS, V.L.S.; NUNES, B.T.A.; MAMEDE, L.; GÓES, M.H.; MAURO, C.A.; ALVARENGA, S.M.; FRANCO, E.M.S.; QUIRICO, A.F.; NEVES, L.B. Geomorfologia. **Projeto Radam Brasil**. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. V 32. Rio de Janeiro, 1983.

HACKSPACHER, P. C. **Dinâmica do relevo: quantificação de processos formadores**. São Paulo. Editora Unesp, 2011.

HEILBRON et al. **Província Mantiqueira** - In: MANTESSO-NETO et al. Geologia do Continente Sul-Americano. São Paulo: Beca, p. 204-234, 2004.

MENDES, I.A.; DANTAS, M.; BEZERRA, L.M. de M. Geomorfologia. **Projeto Radam Brasil**. Folhas SE. 24 Rio Doce. V 34. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins** / Kenitiro Suguiou. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

TEIXEIRA, W. (Org.). **Decifrando a terra**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 2009.

VALERIANO, M. M. Mapeamento do comprimento de rampa em microbacias com sistemas de informação geográfica. **Acta Scientiarum (UEM)**, Maringá, PR, v. 24, n. 5, p. 1541-1551, 2002. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2423>